



CASE NO. 926530-94601

Ryoso MASAKI, et al.

Hirata & Partners

Please acknowledge  
receipt of the  
enclosed:

Angle-Sensor, Angle-Torque Sensor and Electric  
Power Steering Unit Using Same

SERIAL NO: 10/632,743

FILING DATE: July 31, 2003

1. Claim for Priority Under §119 and Submission  
of Priority Documents
2. Certified Copy of Japanese Patent  
Application No. 2002-222353
3. Certified Copy of Japanese Patent  
Application No. 2003-174434
4. Certificate of Mailing
5. Return Post Card

DUE DATE (If Any):

DATE SENT: November 11, 2003

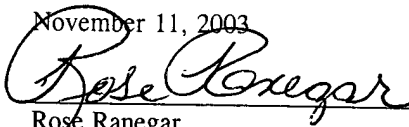
JBC/rr

I hereby certify that the correspondence is being  
Deposited with the United States Postal Service as  
first-class mail in an envelope with sufficient postage  
addressed to:

Mail Stop -CLAIM FOR PRIORITY AND  
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
on the date indicated below:

Date: November 11, 2003

BY:

  
Rose Ranegar

Docket No. 926530-94601



CUSTOMER NO. 23644

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE THE APPLICATION OF )  
Ryoso MASAKI, et al. )  
 )  
SERIAL NO: 10/632,743 )  
 )  
FILED: July 31, 2003 )  
 )  
FOR: Angle-Sensor, Angle-Torque )  
Sensor... )

Mail Stop - CLAIM FOR PRIORITY  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER §119  
AND  
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS**

- ☒ AUTHORIZATION TO PAY AND PETITION FOR THE ACCEPTANCE OF ANY NECESSARY FEES. If any charges or fees must be paid in connection with the following Communication (including but not limited to the payment of Issue Fees), they may be paid out of our deposit account 12-0913. If this payment also requires a Petition, please construe this authorization to pay as the necessary Petition which is required to accompany this payment.
- ☐ Applicant hereby petitions for a \_\_\_\_-**month extension** and entry of this Amendment which is sent within the\_\_ month after the due date of \_\_\_\_\_. The payment of \$\_\_\_\_\_ to cover the\_\_\_\_\_ month extension is enclosed herewith.

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: Mail Stop - CLAIM FOR PRIORITY, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 on:

Date: November 11, 2003

By: Rose Ranegar

Rose Ranegar

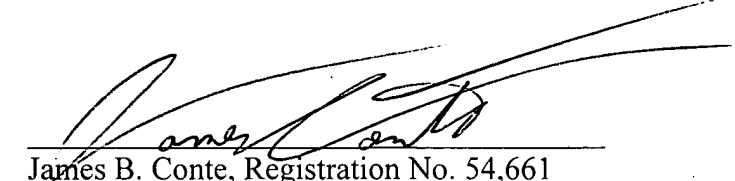
**BARNES & THORNBURG  
P.O. BOX 2786  
CHICAGO, ILLINOIS 60690-2786  
(312) 357-1313**

In connection with filing the above-referenced application, Applicant claimed priority under §119 based on Japanese Patent Application No. 2002-222353, filed July 31, 2002.

Applicant now claims additional priority based on Japanese Patent Application No. 2003-174434, filed June 19, 2003.

Applicant encloses herewith certified copies of each Japanese patent applications upon which it claims priority.

Respectfully submitted,



James B. Conte, Registration No. 54,661  
Barnes & Thornburg  
P.O. Box 2786  
Chicago, Illinois 60690-2786  
(312) 357-1313

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

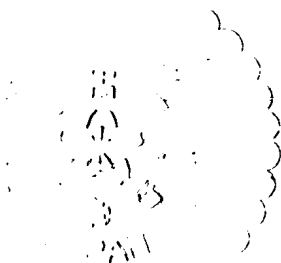
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   6 月 1 9 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 7 4 4 3 4  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 1 7 4 4 3 4 ]

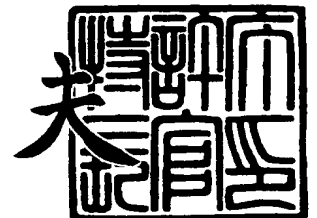
出      願      人  
Applicant(s):            株式会社日立製作所  
                              日立電線株式会社



2 0 0 3 年   8 月   8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 3 7 5 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT03P0127

【提出日】 平成15年 6月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01L 3/10

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

    【氏名】 正木 良三

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会社 社内

    【氏名】 毛受 良一

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

    【識別番号】 000005120

    【氏名又は名称】 日立電線株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100068504

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小川 勝男

    【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

    【識別番号】 100086656

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 田中 恭助

    【電話番号】 03-3661-0071

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 角度センサ、角度・トルクセンサ、及び、それを用いた電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転軸と、前記回転軸の回転に応じて回転する磁性体と、前記磁性体を含む磁路に磁束を発生するコイルと、前記回転軸の回転により変化する磁束を検出する磁気感应素子と、前記磁束の変化に応じた前記磁気感应素子の出力を用いて、前記回転軸の回転角度を検出する検出回路を備えたことを特徴とする角度センサ。

【請求項 2】 回転軸と、歯形状部を有し、前記回転軸の回転に応じて回転する磁性体と、前記磁性体を含む磁路に磁束を発生するコイルと、前記磁路中の前記回転軸の回転による磁束変化を検出して、互いに位相の異なる交流信号を出力する複数の磁気感应素子と、前記交流信号を用いて前記回転軸の回転角度を検出する検出回路を備え、前記磁性体の歯形状部は、前記磁気感应素子に対して相対的に移動可能であり、前記回転軸の回転に応じて回転方向に移動することを特徴とする角度センサ。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記磁気感应素子はいずれも長さが前記歯形状部の凹状部、あるいは、凸状部の幅の概ね  $1/2$  であり、前記検出回路は、前記磁気感应素子を少なくとも 2 つ用いるブリッジ回路であって、位相の異なる複数の交流信号を出力する角度センサ。

【請求項 4】 同一軸上に配置された第 1 及び第 2 の回転軸と、前記第 1 の回転軸の回転に応じて回転する第 1 の磁性体と、前記第 2 の回転軸の回転に応じて回転する第 2 の磁性体と、前記第 1 及び第 2 の磁性体を含む磁路に磁束を発生するコイルと、前記第 1 の回転軸の回転により変化する前記磁束を検出する第 1 の磁気感应素子と、前記第 2 の回転軸の回転により変化する前記磁束を検出する第 2 の磁気感应素子と、前記第 1 及び第 2 の磁束磁気感应素子の出力を用いて、前記第 1 及び第 2 の回転軸の回転角度をそれぞれ検出する第 1 及び第 2 の検出回路を備えたことを特徴とする角度センサ。

【請求項 5】 請求項 4 において、前記第 1 及び第 2 の回転軸を接続し、発

生するトルクによりねじれるトーションバーと、前記第 1 及び第 2 の検出回路から得られる回転角度の差により前記トルクを検出するトルク検出回路とを備えた角度・トルクセンサ。

【請求項 6】 回転軸と、前記回転軸の回転に応じて回転する磁性体と、前記磁性体を含む磁路に磁束を発生するコイルと、前記回転軸の回転により変化する前記磁束を検出する複数の磁気感应素子と、前記磁束の変化に応じた前記複数の磁気感应素子の出力を用いて前記回転軸の回転角度を検出する検出回路を備え、前記複数の磁気感应素子のうち、少なくとも 1 つの磁気感应素子が前記回転軸の回転に応じて、減速、あるいは、増速して回転させる機構を有することを特徴とする角度センサ。

【請求項 7】 回転軸と、前記回転軸と一体になって回転する第 1 の磁性体と、前記回転軸を減速、あるいは、増速して回転する第 2 の磁性体と、前記第 1 及び第 2 の磁性体により形成される磁路に磁束を発生するコイルと、前記第 1 の磁性体の回転により変化する前記磁束を検出する第 1 の磁気感应素子と、前記第 2 の磁性体の回転により変化する前記磁束を検出する第 2 の磁気感应素子と、前記第 1、及び、第 2 の磁束磁気感应素子の出力の差から前記回転軸の回転角度を検出する検出回路を備えたことを特徴とする角度センサ。

【請求項 8】 トルクによりねじれるトーションバーにそれぞれ接続された第 1 及び第 2 の回転軸と、前記第 1 の回転軸と一体になって回転する第 1 の磁性体と、前記第 2 の回転軸と一体になって回転する第 2 の磁性体と、前記第 1 及び第 2 の磁性体を含む磁路に磁束を発生するトルク検出コイルと、前記第 1 及び第 2 の磁性体の相対位置関係により変化する前記トルク検出コイルの出力電圧を検出するトルク検出回路と、前記第 2 の回転軸の回転に応じて回転する第 3 の磁性体と、前記第 2 及び第 3 の磁性体を含む磁路に磁束を発生する補償コイルと、前記補償コイルの出力電圧により前記トルク検出回路の出力を補正する補償回路を備え、

前記第 3 の磁性体の回転により変化する磁束を検出する第 1 の磁気感应素子と、前記磁束の変化に応じた前記第 1 の磁気感应素子の出力により、前記第 3 の磁性体の回転角度を検出する第 1 の角度検出部を備えたことを特徴とする角度・ト



ルクセンサ。

【請求項 9】 請求項 8 において、前記第 2 の磁性体の回転により変化する前記補償コイルの磁束を検出する第 2 の磁気感应素子と、前記第 2 の磁気感应素子の出力により、前記第 2 の回転軸の回転角度を検出する第 2 の角度検出部とを備えた角度・トルクセンサ。

【請求項 10】 トルクによりねじれるトーションバーに接続された第 1 及び第 2 の回転軸と、前記第 1 の回転軸と一体になって回転する第 1 の磁性体と、前記第 2 の回転軸と一体になって回転する非磁性体と、前記第 1 の磁性体により形成され、前記非磁性体で遮断される磁路に磁束を発生するトルク検出コイルと、前記第 1 の磁性体と非磁性体の相対位置関係により変化する前記トルク検出コイルの出力電圧を検出するトルク検出回路と、前記第 1、あるいは、第 2 の回転軸と一体になって回転する第 2 の磁性体と、前記第 2 の磁性体に磁束を発生する補償コイルと、該補償コイルの出力電圧により前記トルク検出回路の出力を補正する補償回路を備え、

前記第 1、あるいは、第 2 の回転軸の回転により変化する前記第 2 の磁性体の磁束を検出する磁気感应素子と、前記磁束の変化に応じた前記磁気感应素子の出力により、前記回転軸の回転角度を検出する角度検出部を備えたことを特徴とする角度・トルクセンサ。

【請求項 11】 トルクによりねじれるトーションバーにそれぞれ接続された第 1 及び第 2 の回転軸と、前記第 1 の回転軸と一体になって回転する第 1 の磁性体と、前記第 2 の回転軸と一体になって回転する第 2 の磁性体と、前記第 1 及び第 2 の磁性体を含む磁路に磁束を発生するトルク検出コイルと、前記第 1 及び第 2 の磁性体の相対位置関係により変化する前記トルク検出コイルの出力電圧を検出するトルク検出回路と、前記第 2 の回転軸の回転に応じて回転する第 3 の磁性体と、前記第 2 及び第 3 の磁性体を含む磁路に磁束を発生する補償コイルと、前記補償コイルの出力電圧により前記トルク検出回路の出力を補正する補償回路と、

前記第 3 の磁性体の回転により変化する磁束を検出する第 1 の磁気感应素子と、前記磁束の変化に応じた前記第 1 の磁気感应素子の出力により、前記第 3 の磁

性体の回転角度を検出する第1の角度検出部と、前記回転軸を駆動するモータを備え、検出した前記回転軸のトルク、及び、回転角度を用いて、前記モータのトルクを制御することを特徴とするパワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は回転軸の回転角を計測する角度センサ、角度とトルクを計測する一体化構造の角度・トルクセンサ、及びそれを用いた電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

電動パワーステアリング装置は、運転者の操舵トルクに応じて、モータのトルクを発生し、タイヤの転舵を補助する装置である。このモータのトルクを制御するためには、操舵トルクの大きさを検出する必要があり、安価なトルクセンサが不可欠である。

【0003】

電動パワーステアリングを装着していない自動車においては、走行中にハンドルを手放した場合、タイヤが自動的に直進方向に向くようになっている。

【0004】

一方、電動パワーステアリング装置を装着した自動車の場合には、手放し状態で走行しても、モータが負荷状態となって、タイヤが自動的に直進方向を向くとは限らない。そのような状態のときには、電動パワーステアリング装置は、モータを用いて、タイヤが直進方向になるように制御する。

【0005】

従って、電動パワーステアリング装置では、トルクセンサのほかに、直進方向に対するタイヤの角度を検出する角度センサ、いわゆる舵角センサが必要である。

【0006】

従来からトルクセンサとして、特許文献1（特開平5-149805号公報）

、特許文献 2（特開平 6 - 1 0 2 1 1 3 号公報）に記載されているような非接触式トルクセンサが知られている。これらの装置は、トーションバーのねじれをインダクタンスの変化として検出している。そのため、検出精度やパラメータに対するロバスト性に優れている。

#### 【 0 0 0 7 】

ステアリングホイールに接続された入力軸及び出力軸は、運転者の操作により回転する。出力軸の回転により、左右のタイヤの方向を転舵することができる。

#### 【 0 0 0 8 】

電動パワーステアリング装置は、入力軸と出力軸の間に取り付けられたトルクセンサにより、運転者の操舵トルクを検出する。コントローラは、この検出したトルクを用いて、モータが発生すべき基準のアシストトルクを算出する。

#### 【 0 0 0 9 】

電動パワーステアリング装置は、タイヤの転舵方向を示す舵角を検出する角度センサを備えている。この角度センサにより舵角を検出し、コントローラに入力する。コントローラは、車両の走行速度、舵角に応じて、アシストトルクを補正する演算を行ない、モータの発生するトルクを制御する。従って、電動パワーステアリング装置を制御するためには、運転者の操舵トルクと舵角を検出できるセンサが必要である。

#### 【 0 0 1 0 】

操舵トルクを検出するトルクセンサは、入力軸と出力軸の間に配置されている。トルクセンサには、操舵トルクに応じてねじれるトーションバーが入力軸と出力軸の間に接続されている。また、トーションバーの入力軸側、及び、出力軸側には、それぞれ入力軸検出リング、出力軸検出リングが配置される。

#### 【 0 0 1 1 】

これらの検出リングは、歯形状の磁性体を有しており、それぞれ入力軸及び出力軸と一体になって回転する。これらの検出リングの外周には、車体に固定されたトルク検出コイルが配置されている。トルク検出コイルの外周部に形成される磁路は、入力軸検出リング、出力軸検出リングとともに、コイルの周りを取り囲む磁性体により形成されている。

**【0012】**

運転者がステアリングホイールを操舵すると、操舵トルクによりトーションバーがねじれる。このトーションバーのねじれにより、入力軸検出リングの歯形状磁性体と、それに対面した出力軸検出リングとの位置関係がずれる。その結果、トルク検出コイルのインダクタンスが変化する。従って、トルク検出コイルに高周波電圧を印加して、インダクタンスを検出することにより、操舵トルクを得ることができる。

**【0013】**

インダクタンスを検出する際に、温度によりその出力値が変化する場合があります。その温度変化を補償するために、補償リングと補償コイルを備えている。補償リングは、入力軸と一体になって回転する。補償コイルは、補償コイルの外周部にある磁路、入力軸検出リングの磁性体、及び、歯形状の部分を含む補償リングの磁性体とから構成される磁路に取り囲まれる構造になっている。

**【0014】**

この補償コイルで検出されるインダクタンスは常に一定であり、トルク検出コイルで操舵トルクが0のときに検出されるインダクタンスと同じになるように設定されている。そこで、トルク検出コイルの出力と補償コイルと出力の差を操舵トルクとして検出する。

**【0015】**

トルク検出コイルと補償コイルは、それぞれ抵抗を介して発振器に接続されている。発振器からはそれぞれのコイルのインダクタンスを検出するための高周波信号が出力される。この信号が印加されると、トルク検出コイルの出力、補償コイルの出力はそれぞれインダクタンスの状態により変化する。

**【0016】**

トルク検出コイルと補償コイルの出力が差動増幅器に入力されて、両者の差が出力される。この出力値が操舵トルクに比例するので、出力増幅器により増幅されて操舵トルク $\tau$ を得る。

**【0017】**

このような構成を採用することにより、周囲温度が変化したときのコイル抵抗

の変化や出力特性の変化の影響を補償できるので、簡単な構造で、高精度のトルク検出を行うことができる。

【0018】

また、インダクタンスの変化は、入力、出力軸検出リングの対面する歯形状の磁性体面積の総和で決定されるので、個々の歯の加工精度がインダクタンスに影響する割合を低減できる利点がある。このトルクセンサは、簡単な構造であるにもかかわらず、優れた特性を持っている。なお、角度センサとしては、接触式のポテンショメータを用いた角度センサがよく知られている。

【0019】

また、トルクセンサと角度センサを一体にし、構造をコンパクト化することが提案されている。例えば、特許文献3（特開2001-91375号公報）、特許文献4（特開2001-91377号公報）などに記載されているような磁気センサやインダクタンスの変化を利用した装置が提案されている。

【0020】

【特許文献1】

特開平5-149805号公報

【特許文献2】

特開平6-102113号公報

【特許文献3】

特開2001-91375号公報

【特許文献4】

特開2001-91377号公報

【0021】

【発明が解決しようとする課題】

従来の装置は、優れたインダクタンス方式のトルクセンサである。しかしながら、電動パワーステアリング装置にインダクタンス方式のトルクセンサを適用する場合には、その他に、別途、舵角センサを配置しなければならなかった。これは取付コストや省スペース化の点から十分ではなかった。

【0022】

本発明の目的は、インダクタンス方式のトルクセンサとの整合性に優れた簡単な構成で、舵角を精度良く検出する角度センサを提供することである。また、本発明の他の目的は、操舵トルクと舵角をそれぞれ精度良く、一体構造で検出できるセンサを提供することである。

#### 【0023】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の一つの課題解決手段は、回転軸の回転に応じて回転する磁性体と、前記磁性体で構成される磁路中に磁束を発生させるコイルと、前記回転軸の回転により変化する磁束を検出する磁気感应素子と、その磁束の変化に応じた磁気感应素子の出力を用いて前記回転軸の回転角度を検出する検出回路を備えることである。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施例を図面を用いて説明する。図1は、角度・トルクセンサを用いた電動パワーステアリング装置の一構成例を示す略図である。ステアリングホイール10に接続された入力軸12と出力軸14は、運転者のステアリングホイール10の操作に応じて回転する。出力軸14の回転により、左右のタイヤ16a、16bの方向を転舵することができる。

#### 【0025】

電動パワーステアリング装置は、入力軸12と出力軸14の間に取り付けられた角度・トルクセンサ18により、運転者の操舵トルク $\tau$ 及び舵角 $\theta$ を検出する。コントローラ20は、車両の走行速度、検出したトルク $\tau$ 、舵角 $\theta$ を用いて、アシストトルクを補正する演算を行って、モータ22の発生すべきトルクを制御する。

#### 【0026】

電動パワーステアリング装置は、上記の原理に基づいて動作する。従って、電動パワーステアリング装置を制御するためには、運転者の操舵トルク $\tau$ と舵角 $\theta$ を検出できるセンサが必要である。

#### 【0027】

図2は、回転に伴うインダクタンスの変化を利用してトルクを検出するトルクセンサと、局所的な磁束の変化状態から角度を検出するステアリング用一体構造の角度・トルクセンサ18の一実施例を示す構成図である。

#### 【0028】

角度・トルクセンサ18には、操舵トルク $\tau$ に応じてねじれるトーションバー24が入力軸12と出力軸14の間に接続される。また、トーションバー24の入力軸側及び出力軸側には、それぞれ入力軸検出リング26、出力軸検出リング28が配置される。

#### 【0029】

これらの検出リング26、28は歯形状の磁性体を有しており、それぞれ入力軸12及び出力軸14と一体になって回転する。検出リング26、28の歯形状は、図4に示すように連続して凹凸形状を反復して形成されており、検出リング26、28の周辺端部に沿って設けられている。検出リング26、28のそれぞれの歯形状は、互いに対向している。これらの検出リング26、28の外周に対向して、車体に固定されたトルク検出コイル30が配置されている。

#### 【0030】

内部状態を明示するために、図2ではリング状の検出コイル30を切断した断面図で示している。トルク検出コイル30の外周部にある磁路32は、入力軸検出リング26、出力軸検出リング28とともに、コイルの周りを取り囲む磁性体によって構成されている。

#### 【0031】

運転者がステアリングホイール10（図1）を操舵すると、操舵トルクによりトーションバー24がねじれる。このトーションバー24のねじれにより、入力軸検出リング26の歯形状磁性体と、それに対面した出力軸検出リング28の歯形状磁性体との位置関係が図4に示すように相対的にずれる。その結果、トルク検出コイル30のインダクタンスが変化する。

#### 【0032】

従って、トルク検出コイル30に高周波電圧を印加して、インダクタンスを検出することにより、操舵トルク $\tau$ を得ることができる。なお、操舵トルク $\tau$ が0

のときには、入力、出力軸検出リング 26、28 の歯形状磁性体は、図 4 に示すように相互に 1/2 の面積が対面し、ほぼ中間のインダクタンスを計測できる構造になっている。

#### 【0033】

インダクタンスを検出する際に、温度によりその出力値が変化する場合がある。それを補償するために、補償リング 34 と補償コイル 36 を備えている。補償リング 34 は、入力軸 12 と一体になって回転する。補償コイル 36 は、その外周部にある磁路 38、入力軸検出リング 26 を構成する磁性体、及び、歯形状の部分を含む補償リング 34 を構成する磁性体からなる磁路に取り囲まれる構造になっている。補償リング 34 の歯形状も検出リング 26、28 と同じようにその歯形状は、連続して凹凸形状を反復して形成されており、その周辺端部に沿って設けられている。

#### 【0034】

この補償コイル 36 で検出されるインダクタンスは常に一定であり、トルク検出コイル 30 で操舵トルク  $\tau$  が 0 のときに検出されるインダクタンスと同じになるように設定されている。そこで、トルク検出コイル 30 の出力と補償コイル 36 と出力の差を操舵トルク  $\tau$  として検出する。

#### 【0035】

トルク検出コイル 30 と補償コイル 36 は、図 6 に示すように、それぞれ抵抗 40、42 を介して発振器 44 に接続されている。トルク検出コイル 30 と補償コイル 36 は、それぞれ並列接続されたキャパシタ 46、48 を有する。

#### 【0036】

各発振器 44 からは、それぞれのコイル 30、36 のインダクタンスを検出するための高周波信号が出力される。この信号が印加されると、トルク検出コイル 30 の出力、補償コイル 36 の出力はそれぞれインダクタンスの状態により変化する。

#### 【0037】

トルク検出コイル 30 と補償コイル 36 の出力は、差動増幅器 50 に入力されて、両者の差が出力される。この出力値が操舵トルク  $\tau$  に比例するので、出力増



幅器 52 により増幅されて操舵トルク  $\tau$  を得る。

#### 【0038】

このような構成を採用することにより、周囲温度が変化したときのコイル抵抗の変化や出力特性の変化の影響を補償できるので、簡単な構造で、高精度のトルク検出を行うことができる。

#### 【0039】

また、インダクタンスの変化は、入力、出力軸検出リング 26, 28 の対面する歯形状の磁性体面積の総和で決定されるので、個々の歯の加工精度がインダクタンスに影響する割合を低減できる利点がある。このトルクセンサは、簡単な構造であるにもかかわらず、優れた特性を持っている。

#### 【0040】

この実施例は、コンパクト化を目的として、トルクセンサと角度センサは、一体構造である。ステアリング用角度・トルクセンサ 18 は、回転に伴うインダクタンスの変化を利用して、トーションバーのねじれ角によりトルクを検出するトルクセンサと、ステアリングの入力軸の回転により変化する回転角度、つまり、舵角を検出する角度センサを一体構造にしたものである。

#### 【0041】

すなわち、この実施例は従来の装置と異なり、磁気感应素子の 1 つであるホール素子を有する角度検出部 54 を入力軸検出リング 26 と補償リング 34 の間に挿入している。この角度検出部 54 は、補償コイル 36 とともに、車体に固定されており、回転しない構造になっている。

#### 【0042】

なお、図 2 の角度・トルクセンサ 18 を分解したときの各部品の形状を図 3 に示す。図 3 に示すように、この角度・トルクセンサ 18 は、ステアリング 10 の入力軸 12、出力軸 14 の間に配置されている。

#### 【0043】

この実施例では、トルクと角度が 1 つのセンサ 18 で検出できるようにしているため、取付けが容易である。しかも、図 2, 3 の角度・トルクセンサ 18 は、従来の角度センサ、トルクセンサと同じ機能を持っている。

## 【0044】

ステアリングホイール10の操舵トルク $\tau$ を検出する原理は、図2のトーションバー24のねじれにより生じる入力軸検出リング26と出力軸検出リング28の相対位置関係を、インダクタンスの変化としてトルク検出コイル30で検出することである。補償コイル36、入力軸検出リング26、補償リング34の動作は、温度などによる出力変化を補償するものである。

## 【0045】

このようなセンサにおいて、図2のように、角度検出部54を挿入することにより、舵角を検出する原理について説明する。図5に、2つのホール素子56、58を有する角度検出部54の配置を示す。

## 【0046】

図2の補償リング34の歯幅、及び、歯と歯の間の長さをいずれもピッチ $\lambda$ とする。角度検出部54において、長さがほぼ $\lambda/2$ のホール素子56、58は、隣接して配置されている。ホール素子56、58は、それぞれの入力端子Vcc、GNDに電圧が印加され、入力電流が流れる。

## 【0047】

ここで、ホール素子56の垂直方向に磁束密度Bが加わると、それに比例して、出力端子Va1、Va2の間に出力電圧Vaが発生する。同様に、ホール素子58の出力端子Vb1、Vb2の間には、その素子に加わる磁束密度に比例して、出力電圧Vbが発生する。

## 【0048】

図7に角度検出部54と補償リング34の相対位置関係が変化したときの展開図を示す。図7において、(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれ補償リング34の電気角が $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ になったときの位置関係を示す。図7では、図7(a)から図7(d)まで、歯先面34a、歯底面34bが正方向に回転していることを示している。

## 【0049】

なお、電気角 $360^\circ$ は実際の機械角 $45^\circ$ に相当する。この電気角から入力軸12の回転角度、つまり、舵角 $\theta$ を算出するものである。図8には、補償リン

グ 3 4 が回転したときのホール素子 5 6, 5 8 の出力電圧  $V_a$ 、 $V_b$  の特性を示す。横軸は図 7 の補償リング 3 4 の電気角である。

【0050】

図 7 (a) に示すように、電気角が  $0^\circ$  の場合、いずれも磁束密度がほぼ 0 なので、ホール素子 5 6, 5 8 の出力電圧  $V_a$ 、 $V_b$  は 0 となっている。この状態から補償リング 3 4 が正方向に回転すると、ホール素子 5 6 の磁束密度は大きくなり、出力電圧  $V_a$  も増加する。

【0051】

図 7 (b) のように、電気角  $90^\circ$  になったときには、その磁束密度が最大となり、出力電圧  $V_a$  も最大となる。そのとき、ホール素子 5 8 に加わる磁束密度はほぼ 0 である。さらに、補償リング 3 4 が  $90^\circ$  から  $180^\circ$  まで回転すると、ホール素子 5 8 の磁束密度が増加し、その出力電圧  $V_b$  は 0 から最大値まで変化する。

【0052】

その間におけるホール素子 5 6 の磁束密度はほぼ変化しないので、出力電圧  $V_a$  は最大値を保持する。図 7 (c) に示すように、電気角が  $180^\circ$  のときには、ホール素子 5 6, 5 8 はいずれも磁束密度が最大になるので、そのときの出力電圧  $V_a$ 、 $V_b$  はいずれも最大値になっている。

【0053】

補償リング 3 4 が  $180^\circ$  から  $360^\circ$  まで回転する場合についても、同様に、ホール素子 5 6, 5 8 に加わる磁束密度が電気角に応じて変化する。それぞれの出力電圧  $V_a$ 、 $V_b$  は図 8 に示すような特性となる。このような出力が入力軸 1 2 の回転角度に応じて得られるので、角度検出部 5 4 の出力電圧  $V_a$ 、 $V_b$  から舵角  $\theta$  を算出することができる。

【0054】

この実施例によれば、従来の電動パワーステアリング装置に用いられているトルクセンサにホール素子を配置し、トルクセンサに用いている磁束の変化状態を検出することにより、角度を得ることができる。そのため、センサの体積を大きくすることなく、トルクと角度を一体構造で正確に検出できる効果がある。

**【0055】**

次に、磁気感应素子としてホール素子でなく、磁気抵抗効果素子を用いた場合の実施例を図9に示す。

**【0056】**

図9が図2と異なる点は、ホール素子を有する角度検出部54の代わりに、磁気抵抗効果素子を有する角度検出部60を、補償コイル36と磁路38の間に配置したことである。

**【0057】**

まず、角度検出部60に発生する磁束の状態を図10に示す。図10は軸を含む平面を断面とする補償リング34、磁路38、角度検出部60の断面図である。

**【0058】**

図10(a)のように、歯がある断面の場合、歯先面34aを通して、入力側検出リングからの磁束が集中し、磁路38に流れる。この際、歯先面34aを通過した一部の磁束は角度検出部60の面を斜め下方向から横切り、磁路38に入る。

**【0059】**

これに対して、図10(b)に示すように、歯がない断面の位置では、歯底面34bから入ってくる磁束は少なく、歯がある位置から入ってきた磁束が円周方向に流れて磁路38に磁束が流れる。

**【0060】**

そのため、図10(b)において、角度検出部60を通る磁束は図10(a)の場合と比較して少ない。従って、角度検出部60の面に生じる磁界の大きさは、補償リング34の歯の有無、つまり、補償リング34の位置により変化する。

**【0061】**

磁気抵抗効果素子は、素子の面に発生する磁界が大きくなるにしたがい、電気的な抵抗値が小さくなる特性を持っている。そこで、角度検出部60に磁気抵抗効果素子を備え、その面に発生する磁界の大きさを検出するものである。

**【0062】**

次に、角度検出部 60 の具体的な構成について、図 11 を用いて説明する。図 11 に示す角度検出部 60 において、4 つの磁気抵抗効果素子 MR 1、MR 2、MR 3、MR 4 が  $\lambda/2$  の間隔で配置されている。

#### 【0063】

図 11 では、長さがほぼ  $\lambda/2$  の磁気抵抗効果素子 MR 3、MR 1 が右から順に隣接し、 $\lambda/2$  の間隔を置いて、同じ長さの磁気抵抗効果素子 MR 2、MR 4 が並んでいる。また、電源端子 Vcc、グランド端子 GND に対して、直列に接続された 2 つの磁気抵抗効果素子 MR 1、MR 3 の間を出力端子 a としている。

#### 【0064】

同様に、出力端子 b は磁気抵抗効果素子 MR 2、MR 4 で直列接続された間の端子である。図 12 にその回路構成を示す。角度検出部 60 の電源端子 Vcc を電圧源 62 に接続している。

#### 【0065】

磁気抵抗効果素子の動作については、後述するが、出力端子 a、b からは、入力軸 12 の回転角度に応じて、電気角  $90^\circ$  の位相差を持つ 2 相の正弦波状の電圧 V a、V b が発生する。次に、角度演算回路 64 では、V a、V b を入力し、式 (1) により、角度演算を行っている。

#### 【0066】

$$\theta = \tan^{-1} [(V b - V o) / (V a - V o)] \quad \dots (1)$$

ここで、V o はオフセット電圧である。この方法で舵角を検出することができる。

#### 【0067】

磁気抵抗効果素子の動作について、図 13、図 14 を用いて説明する。

#### 【0068】

図 13 (a)、(b)、(c)、(d) は、固定している角度検出部 60 に対して、補償リング 34 がそれぞれ  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  の電気角に回転したときの位置関係を示した配置図である。

#### 【0069】

図 13 (a) の場合には、磁気抵抗効果素子 MR 1 の面に最大の磁束が発生し

、磁気抵抗効果素子MR 2、MR 3、MR 4の面は磁束が0になっている状態である。このとき、それぞれの磁気抵抗効果素子MR 1の抵抗が最小値、磁気抵抗効果素子MR 2、MR 3、MR 4が抵抗最大となる。出力端子aの電圧 $V_a$ は、電圧の中心値であるオフセット電圧 $V_o$ よりも $V_s$ だけ大きく、最大値となる。

#### 【0 0 7 0】

出力端子bの電圧 $V_b$ は、磁気抵抗効果素子MR 2とMR 4の抵抗値が同じなので、オフセット電圧 $V_o$ となっている。次に、図13（a）の状態から補償リング34が正方向に回転すると、徐々に、磁気抵抗効果素子MR 1の面に発生する磁束が減少し、磁気抵抗効果素子MR 2の面の磁束が増加する。それにより、磁気抵抗効果素子MR 1の抵抗値が増加し、磁気抵抗効果素子MR 2の抵抗値が減少する。

#### 【0 0 7 1】

図13（b）に示すように、補償リング34の回転角度が $90^\circ$ になったとき、MR 2だけが最大磁束となり、磁気抵抗効果素子MR 1、MR 3、MR 4は磁束0となる。そのため、磁気抵抗効果素子MR 2の抵抗が最大値、磁気抵抗効果素子MR 1、MR 3、MR 4の抵抗が最小値になる。

#### 【0 0 7 2】

電圧 $V_a$ は図13（a）から図13（b）まで回転すると、最大電圧（ $V_o + V_s$ ）の状態からオフセット電圧 $V_o$ まで減少する。電圧 $V_b$ については、磁気抵抗効果素子MR 2の抵抗変化により、オフセット電圧 $V_o$ から最大電圧（ $V_o + V_s$ ）に増加する。

#### 【0 0 7 3】

補償リング34の回転角度が $90^\circ$ から $180^\circ$ まで回転するとき、つまり、図13（b）から図13（c）まで回転するときには、磁気抵抗効果素子MR 3、及び、MR 4の面に発生する磁束が増加し、それぞれの抵抗値が減少する。そのため、電圧 $V_a$ は、オフセット電圧 $V_o$ の状態から最小電圧（ $V_o - V_s$ ）に、電圧 $V_b$ は最大電圧（ $V_o + V_s$ ）の状態からオフセット電圧 $V_o$ に、それぞれ減少する。

#### 【0 0 7 4】

同様に、補償リング 34 の回転角度が  $180^{\circ}$  から  $270^{\circ}$  まで、 $270^{\circ}$  から  $360^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ ) までについても、それぞれの磁気抵抗効果素子の面に発生する磁束が変化し、出力端子 a、b の電圧  $V_a$ 、 $V_b$  が変化する。この状態をまとめた表が図 14 である。

#### 【0075】

以上のように、電気角で  $0^{\circ}$  から  $360^{\circ}$  まで回転することにより、 $V_a$ 、 $V_b$  は  $90^{\circ}$  の位相を持った正弦波状の電圧となるので、図 12 の回路で示した角度演算回路 64 において、式 (1) のような逆正接の演算を行うことにより、入力軸 12 の回転角度を算出することができる。

#### 【0076】

この実施例の場合についても、角度検出部 60 の他には、従来から用いている出力補償用磁束の変化を利用しているので、安価に角度検出機能をトルク検出機能に追加できる利点がある。

#### 【0077】

図 15 はステアリングホイール 10 が 3 回転乃至 4 回転する絶対角度を検出することができる角度・トルクセンサ 18 の実施例である。

#### 【0078】

図 15 が図 2、図 9 と異なる点は、入力軸検出リング 26 と補償リング 66 の形状、補償コイル 36 の外周にある磁路 38 の形状、磁気感应素子である磁気抵抗効果素子を備えた角度検出部 68、70 を備えたこと、及び、補償リング 66 の回転数をわずかに減速するための減速ギア機構 72 を備えたことである。図 15 の機構を表した断面図を図 16 に示す。入力軸 12 には、入力軸検出リング 26 と減速機構 72 の第 1 ギア 72a が取り付けられており、入力軸 12 と同じ回転をする。

#### 【0079】

減速機構 72 を構成する第 1 ギア 72a、第 2 ギア 72b、第 3 ギア 72c、第 4 ギア 72d において、第 1 ギア 72a と噛み合う第 2 ギア 72b は第 3 ギア 72c と一体になって回転する構造になっている。第 3 ギア 72c は補償リング 66 に取り付けられた第 4 ギア 72d と噛み合う構造になっている。

**【0080】**

ここで、これらの歯数の関係は入力軸 12 が 1 回転したとき、補償リング 66 が  $31/32$  回転するように設計されている。このようにすると、ステアリングホイール 10 が 4 回転したとき、入力検出リング 26 も 4 回転するのに対して、補償リング 66 は  $(3 + 7/8)$  回転する。そのとき、入力検出リング 26 と補償リング 66 の相対的な回転角度差は機械角で  $45^\circ$  ( $1/8$  回転) となる。

**【0081】**

また、角度検出部 68 は入力軸検出リング 26 の電気角を検出するため、角度検出部 70 は、補償リング 66 を検出するために、それぞれ磁路 38 の入力軸検出リング 26 側と補償リング 66 側に斜めに配置されている。

**【0082】**

角度検出部 68、70 において、それぞれに配置している磁気抵抗効果素子 MR1、MR2、MR3、MR4 の面に平行する磁界成分の大きさに応じて、それぞれの抵抗値が変化するので、角度検出部 68、70 は入力軸 12 に対して斜めに傾斜させている。

**【0083】**

これにより、入力軸検出リング 26 では、角度検出部 68 の磁気抵抗効果素子の回転角度が歯先部 26c にあるとき、抵抗値が最小となり、歯底部 26d にあるとき、抵抗値が最大値になる。

**【0084】**

そこで、図 17 (a) に示すように、角度検出部 68 の磁気抵抗効果素子 MR1、MR2、MR3、MR4 の配置並びに配線接続方法を図 15 の場合と同じようにすると、角度検出部 68 から得られる入力軸検出リング 26 の角度 (電気角)  $\theta 1$  は図 18 のようになる。

**【0085】**

同様に、図 17 (b) に示す角度検出部 70 の磁気抵抗効果素子 MR1、MR2、MR3、MR4 が、補償リング 66 の歯先部 66a、歯底部 66b の磁界状態を計測することにより、補償リング 66 の角度 (電気角)  $\theta 2$  を図 18 のように得ることができる。電気角における  $360^\circ$  はこの実施例の場合、機械角で 4



5° になる。

#### 【0086】

前述したように、入力検出リング26と補償リング66の回転角度は、ステアリングホイール10の回転位置により相対的な角度差を持っている。入力軸検出リング26の角度 $\theta 1$ と補償リング66の角度（電気角） $\theta 2$ との差は、図18に示すようになる。

#### 【0087】

従って、角度差（ $\theta 1 - \theta 2$ ）を検出すれば、ステアリングホイール10の回転位置が0° から1440°（4回転）までのいずれにあるかを一義的に決定できる。

#### 【0088】

以上説明したように、絶対的な舵角を検出できる。しかも、入力軸検出リング26の角度 $\theta 1$ の値から分解能の高い回転角度も得られるので、両者を併せて、高分解能の絶対舵角を安価に得ることができる。

#### 【0089】

なお、入力検出リング26と補償リング66との相対角度が変化した場合にも、入力検出リング26、補償リング66、磁路38で構成される補償コイル36の磁気回路の磁気抵抗は、磁束平滑部26e、66cがあるため、ほとんど変化しない。そのため、補償コイル36の磁気回路は、トルクセンサの補償信号を得る従来の役割も果たしている。

#### 【0090】

図19は、図15の補償リング66で示した磁気回路の歯の形状を、矩形波状から正弦波状に変更したものである。図19において、歯先部66a、歯底部66bは平坦でなく、正弦波状の最大値、最小値付近の形状になっている。

#### 【0091】

このとき、磁界の大きさも正弦波状になるので、角度検出部80の磁気抵抗効果素子MR1、MR2、MR3、MR4は図19のように小さくすることができる。つまり、磁気抵抗効果素子MR1、MR2、MR3、MR4がある局所部分の磁界の強さにより、抵抗値が変化するようにになっている。

## 【0092】

配置方法としては、歯先部 66a から歯底部 66b までの距離を  $\lambda$  とすると、磁気抵抗効果素子 MR1、MR2、MR3、MR4 は距離  $\lambda/2$  毎に順番に並べである。また、電源端子 Vcc とグランド GND の間に、磁気抵抗効果素子 MR1 と MR3、MR2 と MR4 をそれぞれ直列に接続して、それぞれの接続端子を出力の端子 A、端子 B としている。

## 【0093】

具体的な磁界の強さと磁気抵抗効果素子の位置関係を図 20 により説明する。補償リング 66 の歯先部 24a は補償コイル 36 の磁路 38 に最も近いので、磁束が集中し、磁界の強さが最大となる。

## 【0094】

図 20 (a) は補償リング 66 の回転角度が電気角で  $0^\circ$  になっている場合には、磁気抵抗効果素子 MR1 が歯先部 66a の位置になり、磁気抵抗効果素子 MR1 の抵抗値は最小になる。そのとき、磁気抵抗効果素子 MR3 は磁界の強さが最も小さい歯底部 66b の位置になるように配置されているので、磁気抵抗効果素子 MR3 の抵抗値は最大となる。

## 【0095】

また、磁気抵抗効果素子 MR2、MR4 が配置されている位置は磁界の強さが中間の値になるので、磁気抵抗効果素子 MR2、MR4 の抵抗値も中間値となる。この場合、端子 A の電圧は中心電圧であるオフセット電圧  $V_o$  よりも  $V_s$  だけ大きい値になり、端子 B の電圧はオフセット電圧  $V_o$  となる。

## 【0096】

また、図 20 (b) に示すように、補償リング 66 が電気角  $90^\circ$  だけ正方向に回転したとき、歯先部 66a、歯底部 66b はそれぞれ磁気抵抗効果素子 MR2、MR4 の位置になる。

## 【0097】

そのため、磁気抵抗効果素子 MR2、MR4 の抵抗値はそれぞれ最小値、最大値になる。磁気抵抗効果素子 MR1、MR3 の抵抗値については、いずれも中間値となる。

## 【0098】

そのときには、端子Aの電圧はオフセット電圧 $V_o$ となり、端子Bの電圧はオフセット電圧 $V_o$ よりも $V_s$ だけ大きい値になる。さらに、補償リング66が図20(c)、(d)のように、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ と回転した場合にも、同様の原理により、端子A、端子Bの電圧はそれぞれ決定される。

## 【0099】

その関係をまとめた表を図21に示す。この表からわかるように、補償リング66が電気角で $360^\circ$ 回転すると、端子A、端子Bの電圧はオフセット電圧 $V_o$ を中心に、互いに $90^\circ$ 異なる2相の正弦波となる。従って、先に説明したように、この2相の正弦波から補償リング66の角度を算出することができる。

## 【0100】

本実施例の特徴は、磁気抵抗効果素子の面積が小さく、さらに低コストで角度検出を得ることができる点である。なお、この方法は、図15の補償リング66の角度を検出するものとして説明したが、入力軸検出リング26の角度検出にも適用できることは言うまでもない。

## 【0101】

図22は磁気抵抗効果素子をトルク検出にも適用した実施例であり、図15で示した補償コイル36、磁路38、入力軸リング26、補償リング70の磁気回路だけを取り出したような構成である。図22を分解した分解図を図23に示す。

## 【0102】

このシステムは、入力軸12に取り付けられた入力軸検出リング82、出力軸14に取り付けられた出力軸検出リング84、入力軸12と出力軸14を接続するトーションバー24、入力軸検出リング82と出力軸検出リング84とともに、磁気回路を構成する磁路32、これらの磁気回路に磁束を発生するトルク検出コイル30、出力軸14と入力軸12の角度を検出する角度検出部68、70から構成されている。運転者がステアリングホイール10を回転すると、入力軸12に操舵トルク $\tau$ が発生するため、トーションバー24が操舵トルク $\tau$ に比例してねじれる。

## 【0103】

入力軸検出リング 82 の回転角度により磁界の大きさが変化し、角度検出部 70 に配置した磁気抵抗効果素子 MR11、MR12、MR13、MR14 の抵抗値が変化する。また、角度検出部 68 の磁気抵抗効果素子 MR21、MR22、MR23、MR24 の抵抗値は、出力軸検出リング 84 の回転角度に応じて変化する磁界の大きさにより決定される。

## 【0104】

そこで、図 24 に示すように、トルク検出コイル 30 には一定の電流が流れるように、電圧源 62 に接続してある。これにより発生する磁束が磁路 32、出力軸検出リング 84、入力軸検出リング 82 を通り、上述のように、磁気抵抗効果素子の抵抗値が変化する。

## 【0105】

角度検出部 68 では、磁気抵抗効果素子 MR21 と MR22、MR23 と MR24 がそれぞれ直列に電圧源 62 に接続されており、出力端子 A2、B2 の電圧を角度演算回路 86 に入力している。この回路で行われる演算は角度演算回路 64 (図 12) と同じであり、これにより、出力軸 14 の角度  $\theta 2$  を検出することができる。

## 【0106】

同様に、角度検出部 70 では、磁気抵抗効果素子 MR11 と MR12、MR13 と MR14 がそれぞれ直列に電圧源 62 に接続されており、出力端子 A1、B1 の電圧を角度演算回路 88 に入力している。この角度演算回路 88 では、入力軸 12 の角度  $\theta 1$  が演算されるので、入力軸 12 のトルク  $\tau$  は  $(\theta 1 - \theta 2)$  の差をトルク演算回路 90 で算出することで得ている。

## 【0107】

この実施例によれば、ステアリングの角度だけでなく、操舵トルクも本発明により検出することができるので、よりコンパクトな構造で角度・トルクセンサを実現できる。

## 【0108】

図 25 の実施例は、2 つの検出リングだけで、操舵トルクと絶対舵角を同時に

検出するトルク・舵角一体のセンサであり、図 22 の装置をさらに拡張したものである。図 25 が図 22 と異なる点は、入力軸の回転を減速する減速機構 92 と、減速した回転軸に配置され、その角度を検出するための角度検出部 94 を備えたことである。

#### 【0109】

減速機構 92 には、入力軸 12 に接続された第 1 ギア 92a、このギアにより減速回転する第 2 ギア 92b、第 2 ギア 92b と同一の軸で回転する第 3 ギア 92c、第 3 ギア 92c の回転をさらに減速する第 4 ギア 92d から構成されている。

#### 【0110】

第 4 ギア 92d は、入力軸 12 と同じ回転軸を中心に回転するようになっており、入力軸 12 が 4 回転する間に、第 4 ギアは機械角で  $45^\circ$  回転（ $1/8$  回転）するように設計している。

#### 【0111】

これにより、ステアリングホイール 10 の回転角度により、第 4 ギア 92c と一体になって回転する角度検出部 94 で得られる角度  $\theta_3$  は角度検出部 70 で得られる入力軸 12 の角度  $\theta_1$  と相対的に変化する。この角度  $\theta_1$  と  $\theta_3$  の関係は図 18 に示した特性と同じ関係になるので、角度  $\theta_1$  と  $\theta_3$  の差から、絶対舵角を求めることができる。

#### 【0112】

従って、本実施例によれば、2 つの検出リングだけを用いて、操舵トルク、絶対舵角、角度分解能の高い相対的な舵角を得ることができる。

#### 【0113】

図 26 は非磁性体を含むトルクセンサに本発明を適用した実施例である。図 26 を分解した図 27 の分解図を用いて、基本的な動作を説明する。まず、従来から知られているトルクセンサの部分について説明する。図 27 において、入力軸 12 と一体になって回転するトルク検出リング 96、補償リング 98 は磁性体である。

#### 【0114】

それに対して、出力軸 14 に接続され、一体になって回転する回転部 100、102 は非磁性体で構成されている。トーションバー 24 は入力軸 12 と出力軸 14 を接続し、入力軸 12 にかかる操舵トルク  $\tau$  によりねじられる。

#### 【0115】

トルク検出コイル 30 は、トルク検出リング 96 と磁路 32 で構成される磁気回路のインダクタンスを検出するものであるが、非磁性体の回転部 100 に空いた磁束を通す窓とトルク検出リング 96 の歯先の相対位置関係により、磁束が通る磁路の断面積が変化する。

#### 【0116】

つまり、操舵トルクの大きさにより、磁束の通る磁路の断面積が変化するため、トルク検出コイル 30 で検出するインダクタンスが変化する。従って、インダクタンスの大きさを検出することにより、操舵トルク  $\tau$  を算出することができる。

#### 【0117】

また、非磁性体の回転部 102 には大きい窓が空いているため、補償リング 98 と磁路 38 で構成される磁気回路のインダクタンスは、トーションバーのねじれの大きさに拘わらず一定になっている。また、操舵トルクが 0 のときのインダクタンスを常に保持するために、補償リングの歯先部 98a は歯底部 35b の 3 倍の角度を占めるように設計されている。

#### 【0118】

そのため、補償コイル 36 では、操舵トルクが 0 のときのインダクタンスに対応する出力電圧が常に検出される。この電圧により、トルク検出コイル 30 で得られる出力を補償する。このようにすると、温度等により変化する出力信号を補償して、高精度の操舵トルクを得ることができる。

#### 【0119】

このトルクセンサにおいて、磁気感应素子であるホール素子 104、106 を備えた角度検出部 98 を補償コイル 36 の内周部に配置している。補償リング 98 の歯先部 98a の長さを  $L$  とすると、ホール素子 104、106 はそれぞれ 2 倍の長さ ( $2L$ ) を持っており、ホール素子 104 は磁路 32 の左端部に、ホー

ル素子 106 は磁路 32 の右端部にそれぞれ配置されている。

#### 【0120】

図 26 (a) に示すように、角度が  $0^\circ$  のときには、歯先部 98a はホール素子 104 にも、ホール素子 106 にも重ならない角度にあり、それぞれの素子が発生する出力電圧は 0 である。

#### 【0121】

補償リング 98 が  $90^\circ$  回転して、図 28 (b) のような位置関係になると、ホール素子 104 だけに最大の磁束が発生することになる。そのため、ホール素子 104 の出力だけが最大電圧になり、ホール素子 106 の電圧は 0 のままである。

#### 【0122】

さらに、補償リング 98 が図 28 (c) まで回転するときには、ホール素子 106 の磁束が徐々に大きくなり、それに従って、ホール素子 106 の電圧は最大電圧まで増大する。そのとき、ホール素子 104 の電圧は最大電圧を維持する。

#### 【0123】

次に、補償リング 98 が  $270^\circ$  まで回転すると、ホール素子 104 の磁束は徐々に減少し、0 に達する。それに応じて、その電圧は 0 V まで減少する。補償リング 98 が  $270^\circ$  を越えて  $360^\circ$  まで回転するときには、ホール素子 106 の磁束も減少し、その電圧が 0 V になる。

#### 【0124】

この特性は図 2 の実施例で説明した図 8 の特性と同じになる。このようにすることにより、非磁性体を含むトルクセンサにも本発明を適用することができ、操舵トルクと舵角を一体のセンサで検出できる。

#### 【0125】

以上本発明の一実施例である、トルクセンサと角度センサを一体にしたコンパクトな電動パワーステアリング用センサについて述べた。また、補償コイルをトルクセンサと角度センサに兼用する装置については、実施例では、電子回路でアナログとして処理しているが、マイクロコンピュータでのソフト処理で実施しても良い。複数の実施例について述べたが、これらを組み合わせて、それぞれの特

徴を併せ持つセンサを構築することもできる。

### 【0126】

#### 【発明の効果】

本発明によれば、磁路のインダクタンス変化により操舵トルクを検出するトルクセンサに、磁気感应素子を追加することにより回転角度を簡単な構造で検出できるので、電動パワーステアリング装置に要求される舵角を安価に、しかも、一体化構造で検出できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

角度・トルクセンサを用いた電動パワーステアリング装置の構成例を示す構成図である。

##### 【図2】

回転に伴うインダクタンスの変化を利用してトルクを検出するトルクセンサと局所的な磁束の変化状態から角度を検出するステアリング用一体構造の角度・トルクセンサの実施例を示す構成図である。

##### 【図3】

図1の角度・トルクセンサ18を分解した構成要素を表す分解図である。

##### 【図4】

検出リングの歯形状磁性体の説明図である。

##### 【図5】

2つのホール素子56, 58を有する角度検出部54の回路配置を示す配置図である。

##### 【図6】

図2に示すトルクセンサに用いるトルク検出回路の詳細図である。

##### 【図7】

補償リング34が回転して角度検出部54との相対位置関係が変化したときの展開図である。

##### 【図8】

補償リング34が回転したときのホール素子56, 58の出力電圧 $V_a$ 、 $V_b$



の特性を示す特性図である。

【図 9】

磁気感应素子としてホール素子でなく、磁気抵抗効果素子を用いた場合の角度・トルクセンサの実施例を示す構成図である。

【図 10】

角度検出部 60 に発生する磁束の状態を示す状態図である。

【図 11】

角度検出部 60 の具体的な回路構成を示す配置図である。

【図 12】

入力軸 12、補償リング 34 の回転角度を検出する角度検出部 60 の回路構成を示す回路図である。

【図 13】

補償リング 34 が回転して角度検出部 60 との相対位置関係が変化したときの展開図である。

【図 14】

補償リング 34 が回転したときに、角度検出部 60 の出力端子 A、B の電圧  $V_a$ 、 $V_b$  が変化する状態を示す特性表である。

【図 15】

ステアリングホイール 10 が 3 回転、乃至、4 回転する絶対角度を検出することができる角度・トルクセンサ 18 の実施例を示す構成図である。

【図 16】

図 14 の角度・トルクセンサの断面を示す断面図である。

【図 17】

図 14 に示す角度検出部 68、70 の磁気抵抗効果素子の配置を示す配置図である。

【図 18】

入力軸検出リング 26 の角度  $\theta_1$  と補償リング 66 の角度  $\theta_2$  との差から絶対舵角を検出するための原理を示す特性図である。

【図 19】

図 13 の補償リング 66 で示した磁気回路の歯の形状を矩形波状から正弦波状に変更して角度を検出するための磁気抵抗効果素子の配置を示す角度検出部 80 の配置図である。

【図 20】

補償リング 66 が回転して角度検出部 80 との相対位置関係が変化したときの展開図である。

【図 21】

補償リング 66 が回転したときに、角度検出部 80 の出力端子 A、B の電圧  $V_a$ 、 $V_b$  が変化する状態を示す特性表である。

【図 22】

磁気抵抗効果素子をトルク検出にも適用した実施例を示す構成図である。

【図 23】

図 20 の角度・トルクセンサを分解した分解図である。

【図 24】

図 20 の角度・トルクセンサの検出回路を示す回路図である。

【図 25】

2 つの検出リングだけで、操舵トルクと絶対舵角を同時に検出する角度・トルクセンサの実施例を示す断面図である。

【図 26】

非磁性体を含むトルクセンサに本発明の角度検出装置を適用した実施例を示す構成図である。

【図 27】

図 24 に示す角度・トルクセンサを分解した分解図である。

【図 28】

補償リング 98 が回転して角度検出部 98 との相対位置関係が変化したときの展開図である。

【符号の説明】

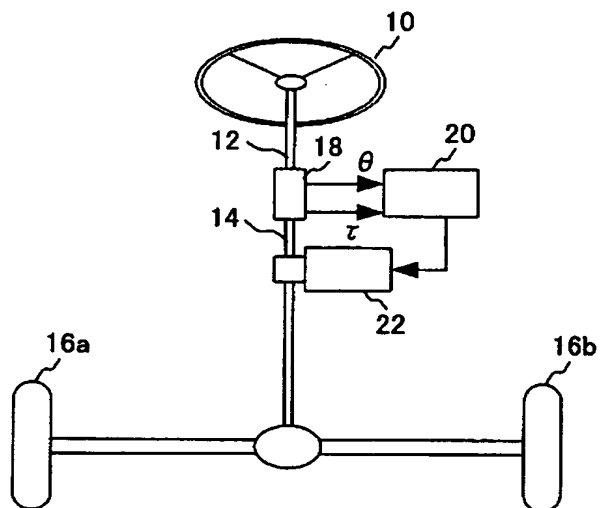
10…ステアリングホイール、12…入力軸、14…出力軸、16a、16b…タイヤ、18…角度・トルクセンサ、20…コントローラ、22…モータ、2

4…トーションバー、26…入力軸検出リング、28…出力軸検出リング、30…トルク検出コイル、32…磁路、34…補償リング、36…補償コイル、38…磁路、40、42…抵抗、44…発振器、46、48…キャパシタ、50…差動増幅器、52…出力増幅器、54…角度検出部、56、58…ホール素子、60…角度検出部、62…電圧源、64…角度演算回路、66…補償リング、68、70…角度検出部、72…トルク演算回路、80…角度検出部、82…入力軸検出リング、84…出力軸検出リング、86…角度演算回路、88…角度演算回路、90…トルク演算回路、92…減速機構、94…角度検出部、96…トルク検出リング、98…補償リング、100、102…回転部、104、106…ホール素子。

【書類名】 図面

【図 1】

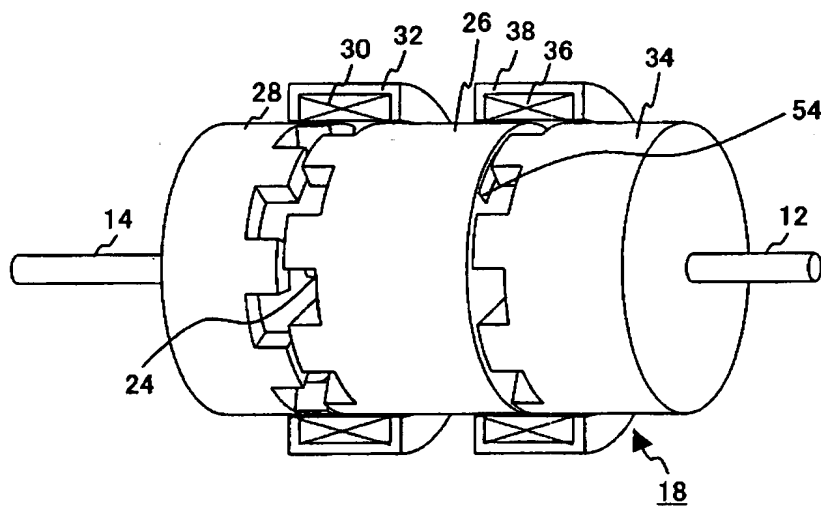
圖 1



10…ステアリングホイール 12…入力軸 14…出力軸 16a、16b…タイヤ  
18…角度・トルクセンサ 20…コントローラ 22…モータ

【圖 2】

图 2



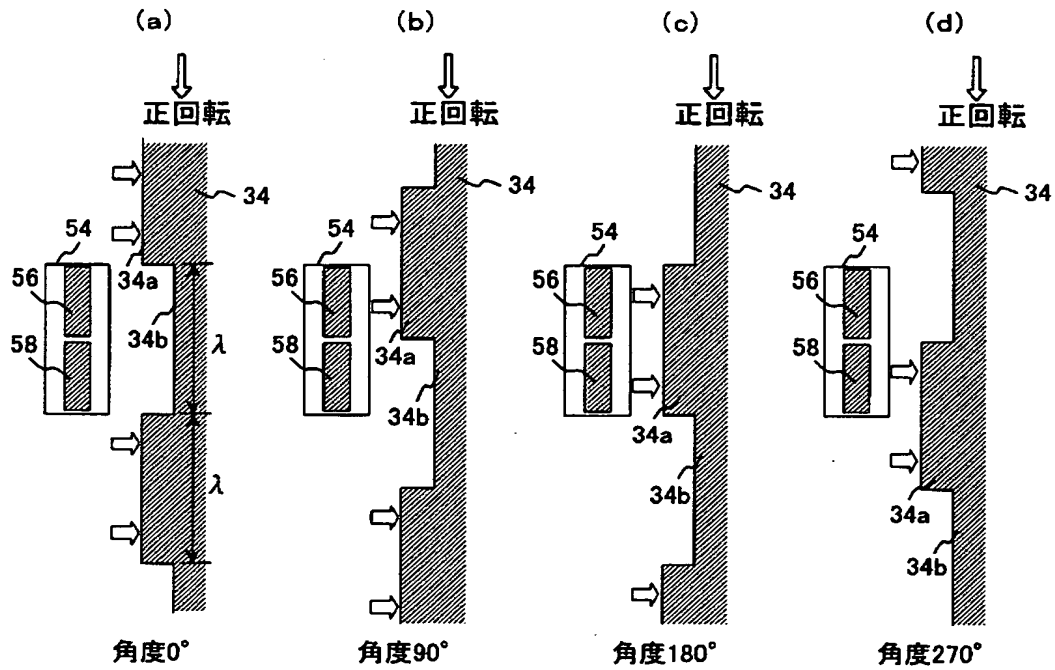
24…トーションバー 26…入力軸検出リング 28…出力軸検出リング  
30…トルク検出コイル 32…磁路 34…補償リング 36…補償コイル 38…磁路





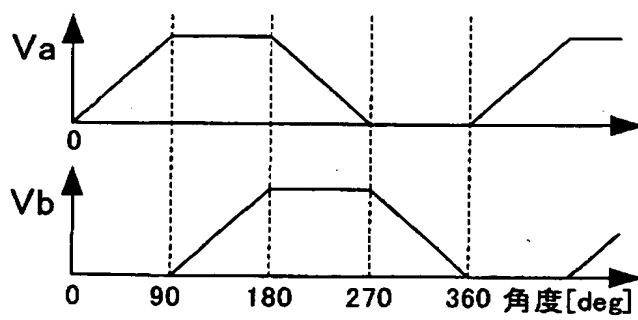
【図 7】

図 7



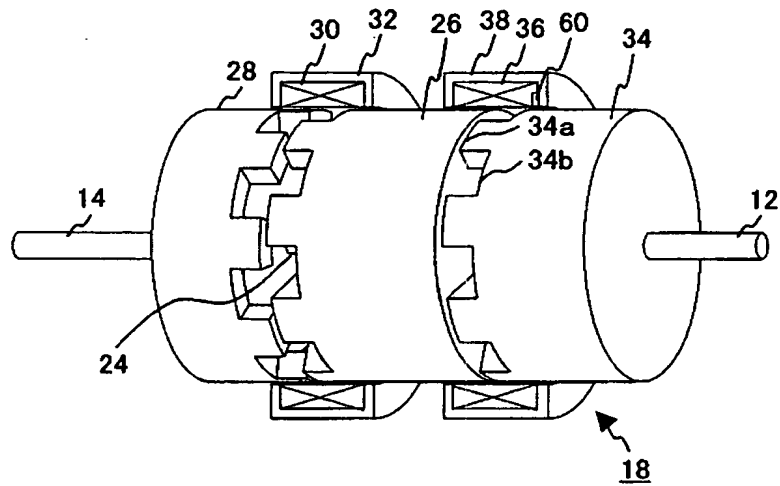
【図 8】

図 8



【図 9】

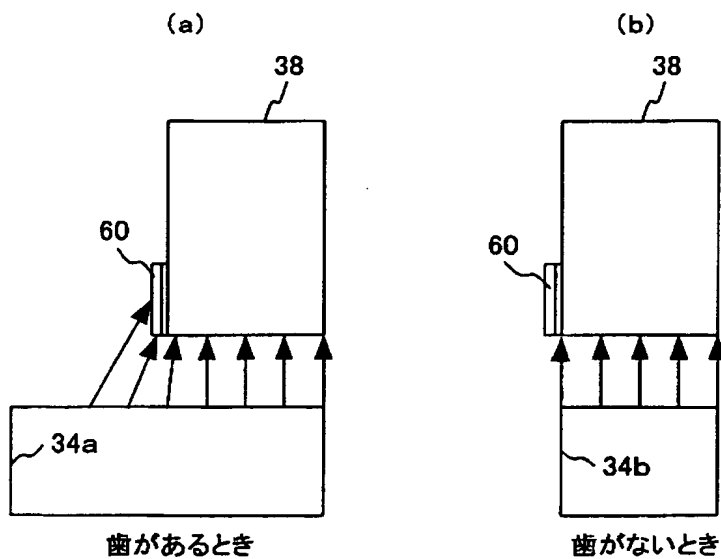
図 9



12…入力軸 14…出力軸 24…トーションバー 26…入力軸検出リング  
 28…出力軸検出リング 30…トルク検出コイル 32…磁路 34…補償リング  
 36…補償コイル 38…磁路

【図 10】

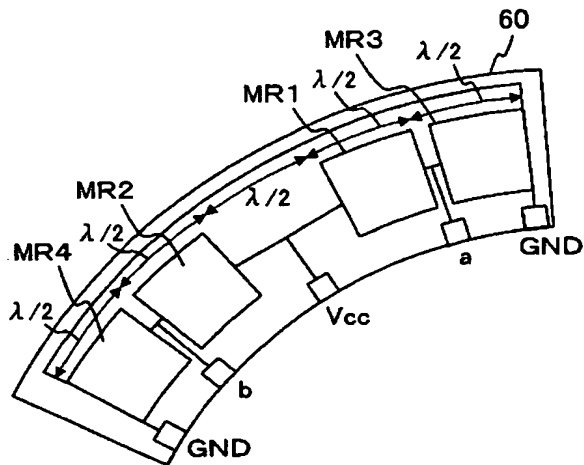
図 10





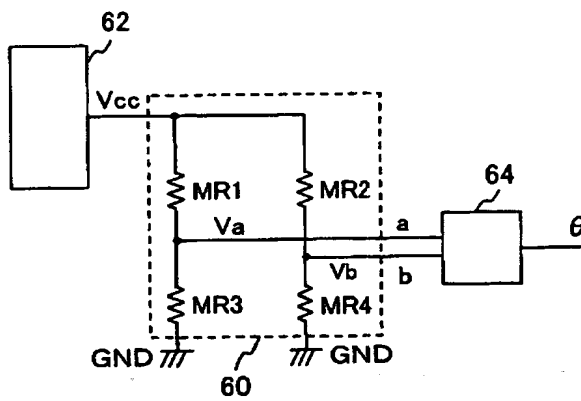
【図 11】

図 11



【図 12】

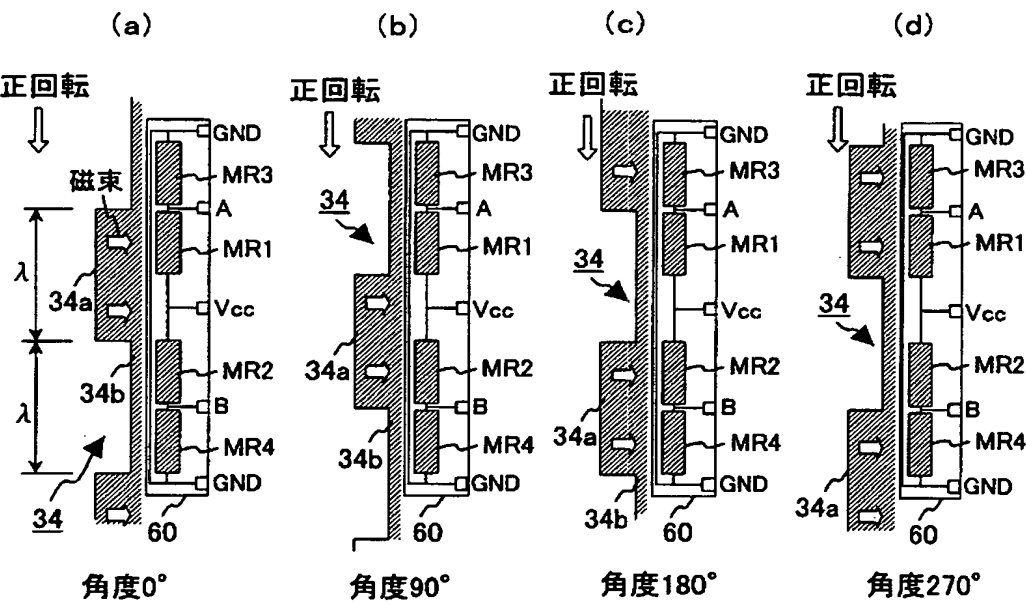
図 12



62…電圧源 64…角度演算回路

【図 13】

図 13



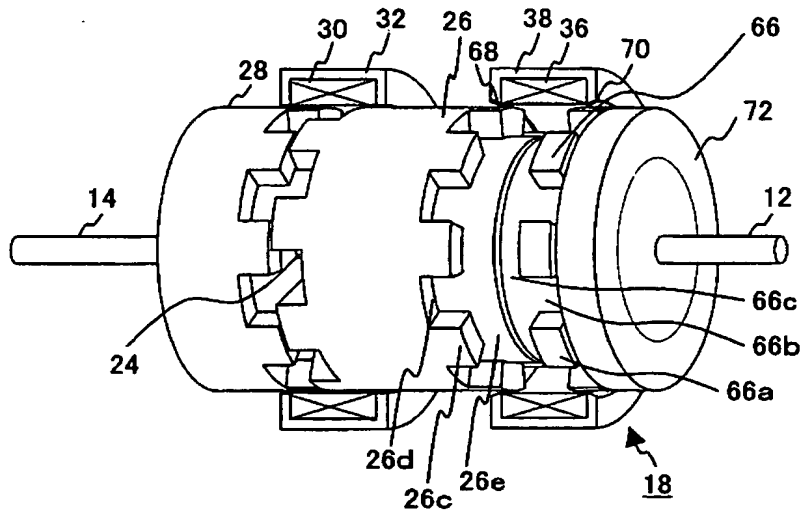
【図 14】

図 14

| 角度    | 0°          | 90°         | 180°        | 270°        |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 図     | 図11(a)      | 図11(b)      | 図11(c)      | 図11(d)      |
| MR1   | 小           | 大           | 大           | 小           |
| MR2   | 大           | 小           | 小           | 大           |
| MR3   | 大           | 大           | 小           | 小           |
| MR4   | 大           | 大           | 小           | 小           |
| 端子A電圧 | $V_0 + V_s$ | $V_0$       | $V_0 - V_s$ | $V_0$       |
| 端子B電圧 | $V_0$       | $V_0 + V_s$ | $V_0$       | $V_0 - V_s$ |

【図 15】

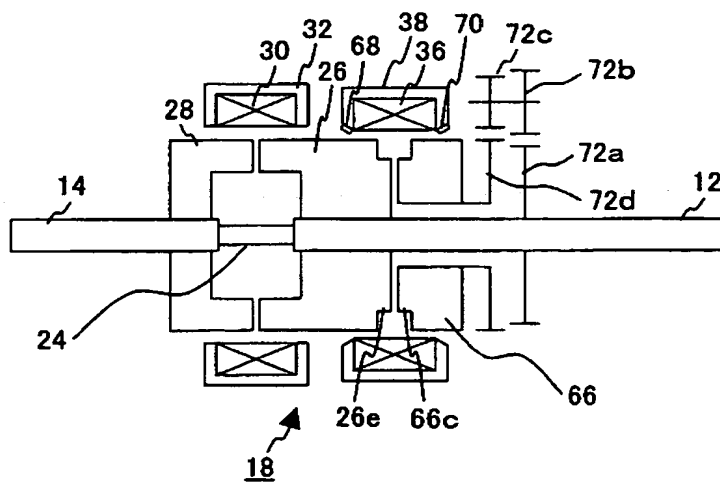
図 15



66…補償リング 68、70…角度検出部 72…トルク演算回路

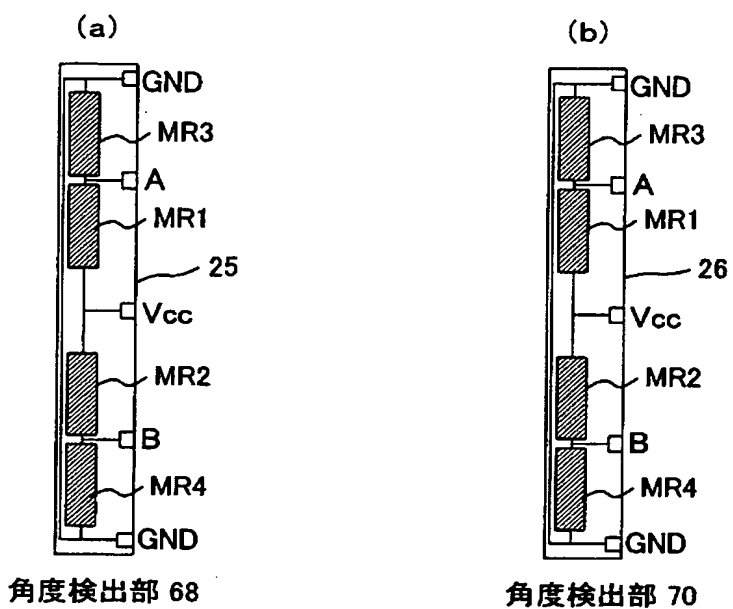
【図 16】

図 16



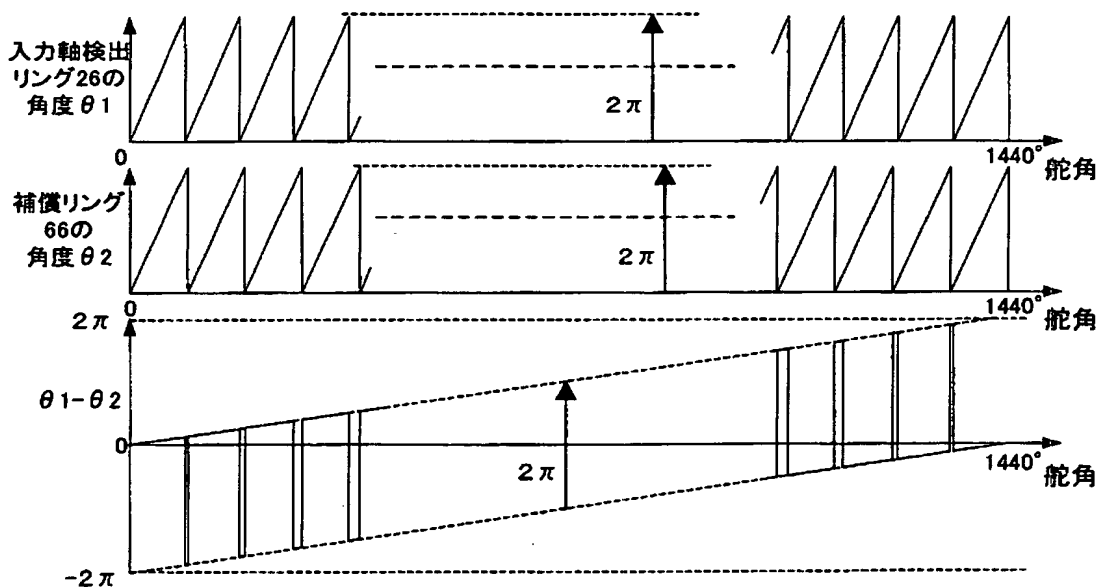
【図 17】

図 17



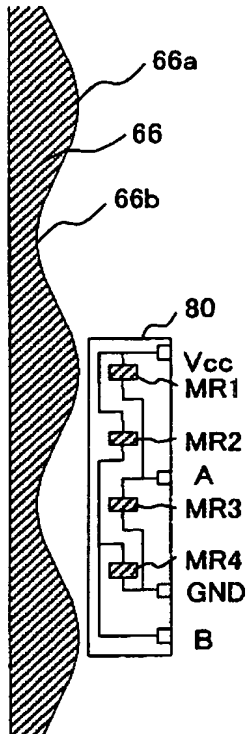
【図 18】

図 18



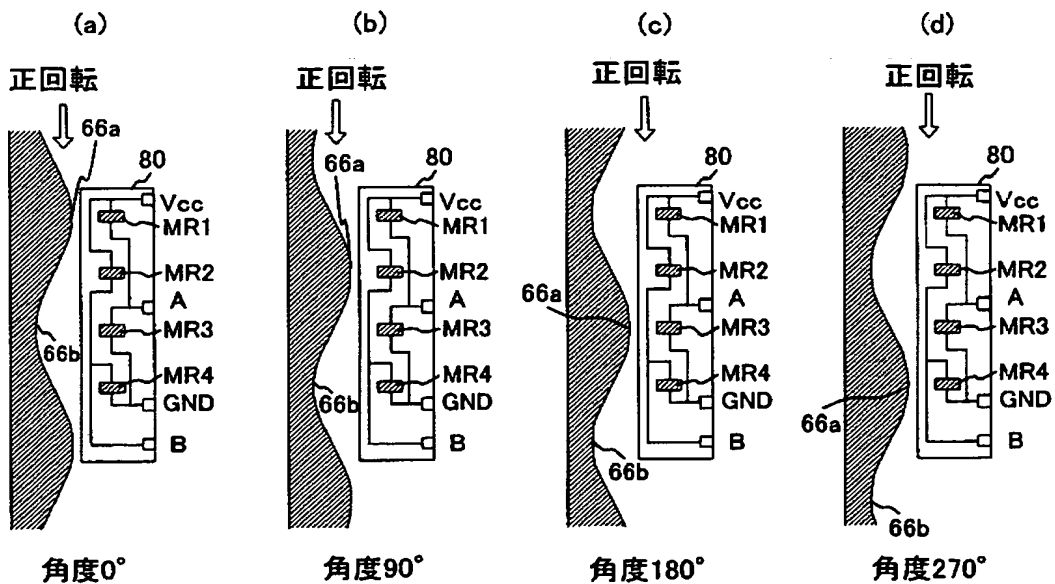
【図 19】

図 19



【図 20】

図 20



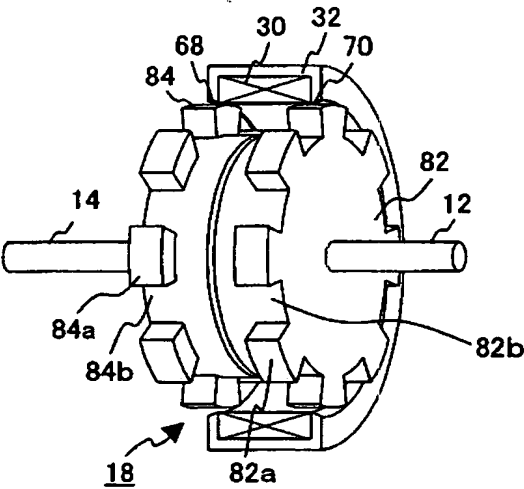
【図 2 1】

図 2 1

| 角度    | 0°          | 90°         | 180°        | 270°        |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 図     | 図17(a)      | 図17(b)      | 図17(c)      | 図17(d)      |
| MR1   | 小           | 中           | 大           | 中           |
| MR2   | 中           | 小           | 中           | 大           |
| MR3   | 大           | 中           | 小           | 中           |
| MR4   | 中           | 大           | 中           | 小           |
| 端子A電圧 | $V_0 + V_s$ | $V_0$       | $V_0 - V_s$ | $V_0$       |
| 端子B電圧 | $V_0$       | $V_0 + V_s$ | $V_0$       | $V_0 - V_s$ |

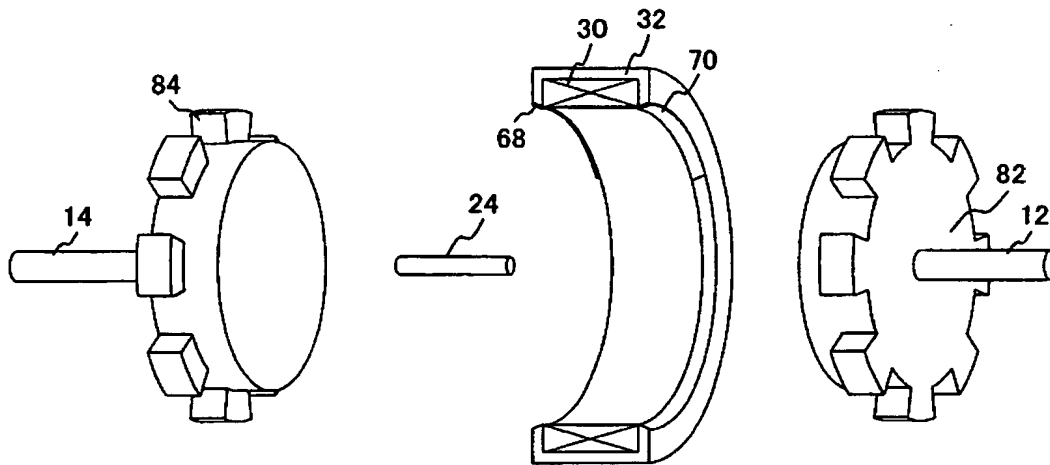
【図 2 2】

図 2 2



【図 23】

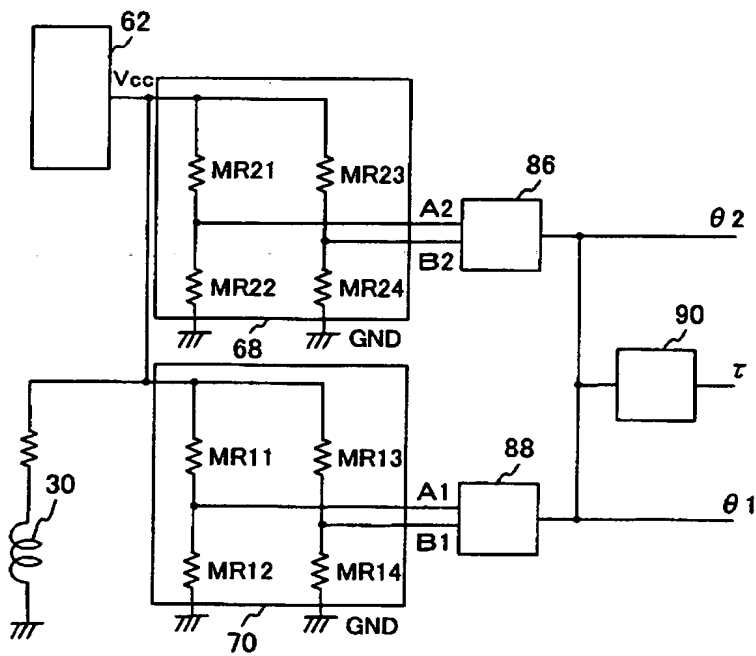
図 23



82…入力軸検出リング 84…出力軸検出リング

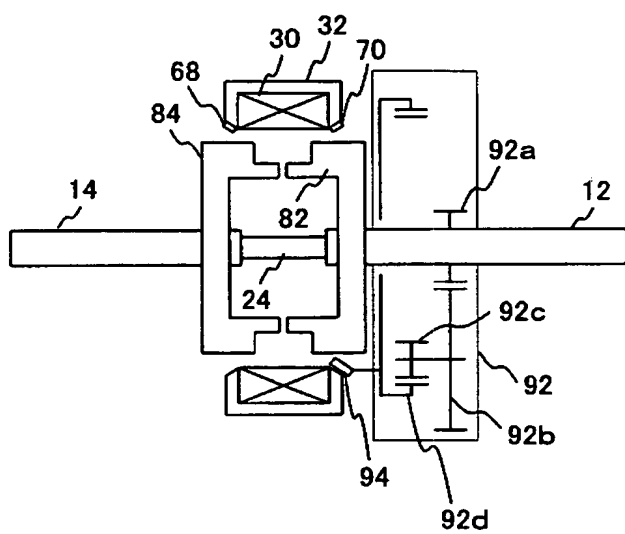
【図 24】

図 24



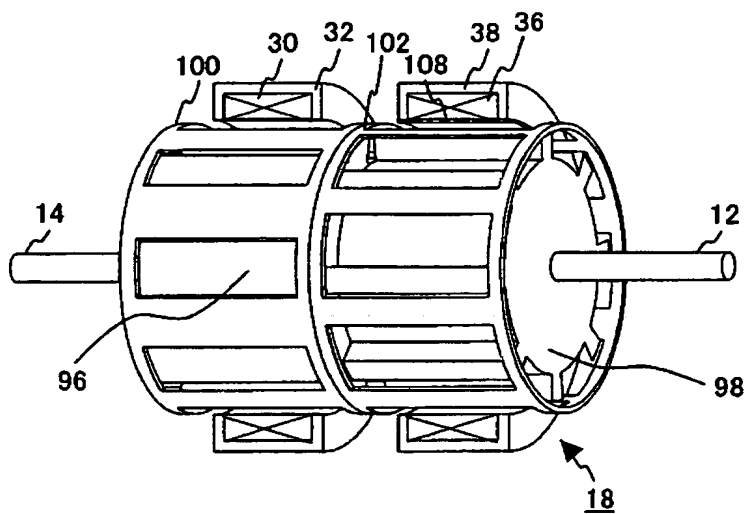
【図 25】

図 25



【図 26】

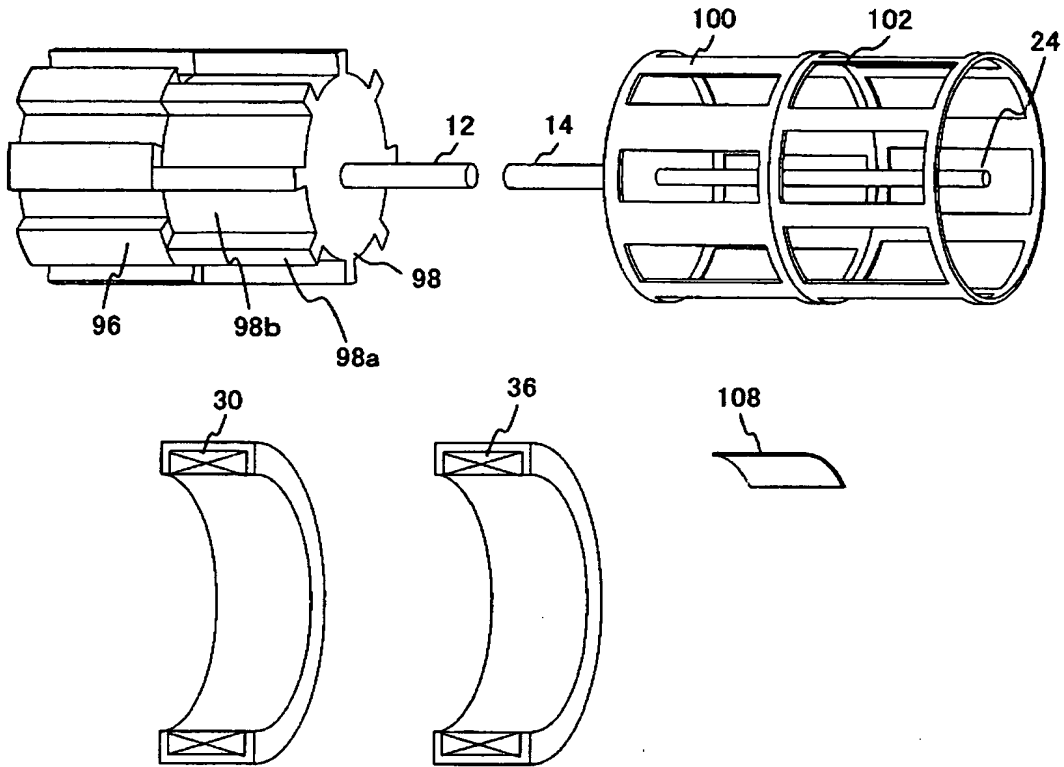
図 26





【図 27】

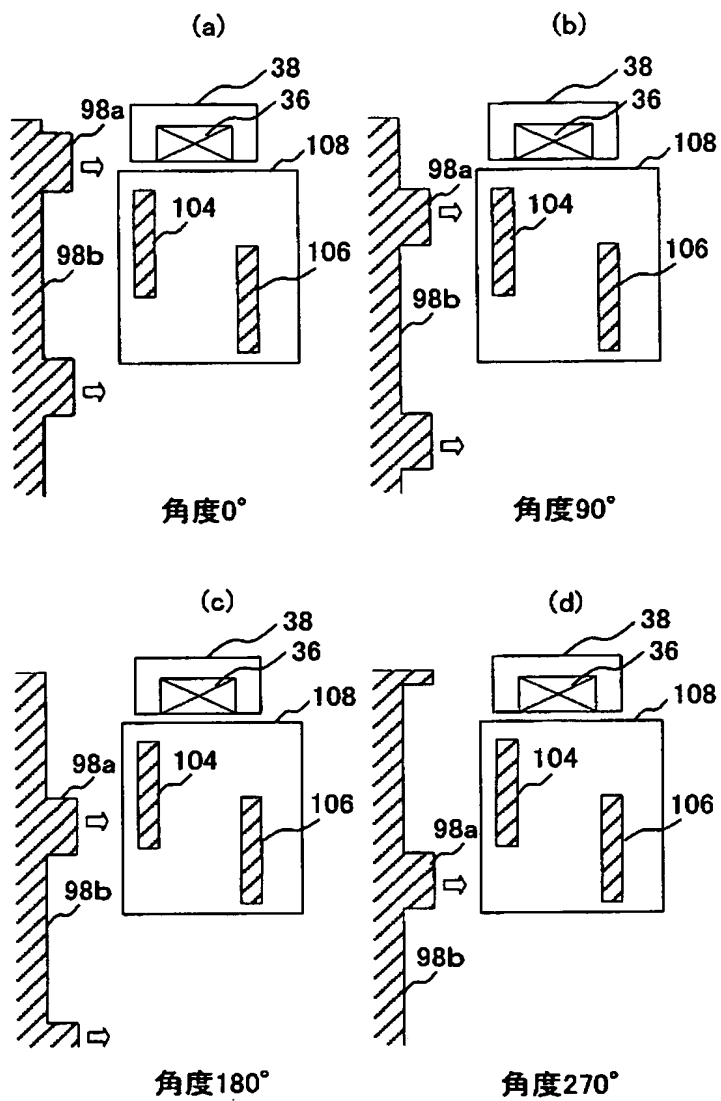
図 27



96…トルク検出リング 98…補償リング 100、102…回転部

【図 28】

図 28



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** インダクタンス方式のトルクセンサとの整合性に優れた簡単な構成で、舵角を精度良く検出する電動パワーステアリング用センサを提供することである。

**【解決手段】** ステアリングの入力軸 1 2 と一体になって回転する入力軸検出リング 2 6 と補償リング 3 4 の間に、磁気感应素子の 1 つであるホール素子を有する角度検出部 5 4 を挿入する。補償コイル 3 6 で発生する磁束が入力軸検出リング 2 6、補償リング 3 4、及び、磁路 3 8 を通る構造になっている。補償リング 3 4 と入力軸検出リング 2 6 の間の空間では、補償リング 3 4 の歯先部 7 a と歯底部 3 4 b により局所的に磁束の粗密が生じる。角度検出部 5 4 は、補償リング 3 4 が回転することにより、磁束の状態変化を検出することができる。これにより、入力軸 1 2 の回転角度を検出する角度センサを得ることができる。

**【選択図】** 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 7 4 4 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

新規登録

住 所  
氏 名

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地  
株式会社日立製作所

特願 2 0 0 3 - 1 7 4 4 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 2 0 ]

1. 変更年月日      1 9 9 0 年   8 月 2 1 日  
  [変更理由]      新規登録  
                    住 所      東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 2 号  
                    氏 名      日立電線株式会社
2. 変更年月日      1 9 9 9 年 1 1 月 2 6 日  
  [変更理由]      住所変更  
                    住 所      東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号  
                    氏 名      日立電線株式会社